

FORSKERE SÆTTER NANOMOTORER I BEVÆGELSE I KUNSTIGE CELLER

Bakterien *Listeria monocytogenes* skal helst ikke trænge ind i dine celler, for den kan gøre dig meget syg. Men nu har et forskerhold fra Aarhus Universitet brugt dens måde at bevæge sig på som inspiration til at bygge nanomotorer ind i kunstige celler.

Forfatter
Peter Gammelby er
journalist ved Aarhus
Universitet.
pfg@au.dk

Forskerne
Miguel Ramos-Docampo
er adjunkt
miramos@inano.au.dk

Brigitte Städler
er professor
bstadler@inano.au.dk

Begge ved Interdisci-
plinary Nanoscience
Center (iNANO), Aarhus
Universitet.

I ngen har endnu skabt en fuldt fungerende kunstig celle. Men et forskerhold ved Aarhus Universitet har taget et nyt skridt i den retning: De har udstyret kunstige celler med bittesmå motorer inspireret af en usædvanlig bevægelsesmekanisme i naturen. Resultatet er kunstige celler, der kan danne indre netværk af proteintråde – en funktion, som ellers kun findes i levende celler. Studiet er publiceret i *ACS Nano*.

Det særlige nanomotordesign er udviklet med inspiration fra bakterien *Listeria monocytogenes*. Inde i levende celler bevæger denne bakterie sig frem ved at danne lange tråde af proteinet actin (et strukturelt protein, der findes overalt i cellen), som skubber den fremad som en mikroskopisk raketmotor. Forskerne har efterlignet dette princip i nanoskala.

»Vi ville finde ud af, om nanomotorer – altså nanopartikler, der kan bevæge sig via actin-polymerisering – kunne hjælpe os med at opbygge en slags indre skelet i kunstige celler,« forklarer Miguel A. Ramos-Docampo, adjunkt ved Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO) på Aarhus Universitet. »Nanomotoren bruger en bevægelsesmekanisme, der er »opfundet« af naturen – men vi bruger den til et helt andet formål.«



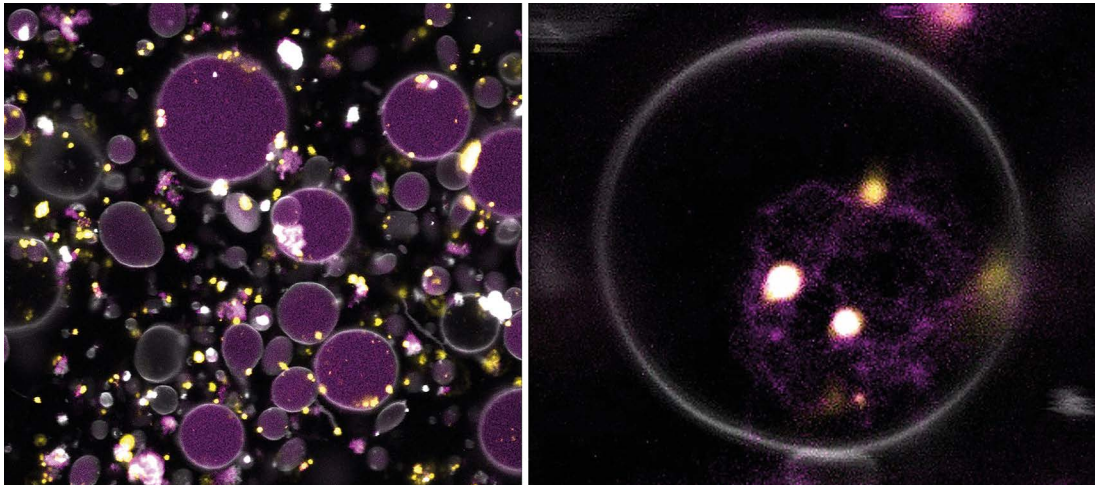
Forskerne Miguel Ramos-Docampo og Brigitte Städler. Foto: Peter Gammelby.

Motorer sætter gang i dannelsen af indre netværk

De kunstige celler består af vesikler – membranomgivne blærer med et flydende indre – hvori forskerne har indlejret nanomotorerne. På overfladen af motorerne blev actin-polymerisering aktiveret, så lange proteintråde voksede ud i alle retninger. Samtidig begyndte nanomotorerne at bevæge sig hurtigere, fordi actin-trådene skubbede dem frem – præcis som hos *Listeria*. Det resulterende netværk minder om cytoskelettet (cellens indre stillads

og transportsystem) i levende celler. Men i modsætning til naturlige celler, hvor bevægelse og organisering styres af komplekse biologiske signaler, bygger de kunstige celler og nanomotorerne på en langt simplere mekanisme.

»Vores kunstige celler bevæger sig ikke og organiserer sig ikke som rigtige celler. Men ved at genbruge *Listeria*s fremdriftsstrategi kan vi skabe syntetiske systemer, der organiserer sig selv,« siger Brigitte Städler, professor ved iNANO.



Billederne viser kunstige celler med nanomotorer (til venstre) og til højre en forstørrelse af en enkelt af disse celler. De lysende gule områder er selve nanomotorerne, mens de lilla områder er actin-tråde. Billederne er taget ved hjælp af et såkaldt konfokal laserscanning mikroskop. Fotos: Miguel Ramos-Docampo.

Samarbejde på tværs af discipliner

Forskergruppen kombinerer ekspertise indenfor kemi, biofysik, nanoteknologi og matematik. Det tværfaglige samarbejde har været afgørende for at forstå og modellere, hvordan de små motorer bevæger sig og organiserer sig inde i de kunstige celler.

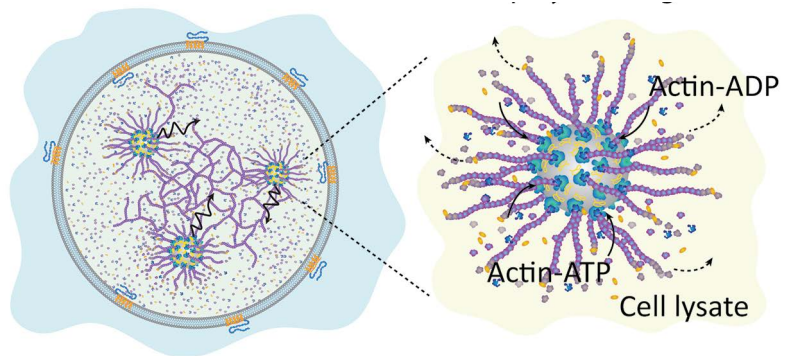
Forskerne har især brudt ny grund ved at forene to forskningsfelter, der normalt ikke undersøges sammen:

- Kunstige celler, som er et kerneområde i bottom-up syntetisk biologi, og
- Nanomotorer, som normalt hører hjemme inden for forskningen i aktivt stof (systemer, der kan bevæge sig af egen kraft).

»Levende systemer er ekstremt komplekse,« siger Brigitte Städler. »At efterligne selv en lille del af deres adfærd kræver, at man kombinerer eksperimenter, teoretisk modellering og nanoteknologisk design. Dette arbejde viser, hvordan bevægelse og strukturel organisering kan kobles i ét samlet system.«

På vej mod selvorganiserende, menneskeskabte celler

I levende celler er cytoskelettet en dynamisk struktur, der konstant dannes og nedbrydes. Den kunstige version er stadig langt fra dette kompleksitetsniveau, men studiet viser, hvordan bevægelse og intern



Skematisk illustration af forsøgsprincippet. Til venstre ses en kunstig celle (vesikel), som indeholder nanomotorer, der sætter gang i dannelsen af actin-tråde og opbygger et netværk, der minder om cellens cytoskelet. Til højre ses en forstørrelse af en enkelt nanomotor. Actin-ATP er actin bundet til energimolekylet ATP og indbygges i voksende tråde, mens actin-ADP udgør ældre dele af tråden. De stiplede linjer viser, at actin-trådene vokser ud i cellens indre.

Sådan bevæger *Listeria monocytogenes* sig

Bakterien *Listeria monocytogenes* bevæger sig inde i levende celler ved at udnytte cellens eget maskineri. Bakteriecellen danner tråde af proteinet actin, som vokser bag bakterien og skubber den frem – som en lille biologisk raket. Denne såkaldte "actin comet tail"-mekanisme inspirerer forskere til at udvikle nanomotorer, der kan bevæge sig og organisere sig på lignende måde – men uden at være levende eller smitsomme.

organisering kan opstå i syntetiske systemer.

»Det her er et tidligt skridt, men det hjælper os med at forstå, hvad der skal til for at efterligne selv en lille del af cellens funktion,« siger Miguel Ramos-Docampo. »Det viser, at man kan opbygge funktionalitet nedefra – uden at kopiere hele biologien.«

Forskerne arbejder nu videre med at designe kunstige celler, der ikke

bare kan danne indre strukturer, men også reagere på omgivelserne eller interagere med levende celler.

»Vi forsøger ikke at genskabe liv,« siger Brigitte Städler. »Vi prøver at forstå og efterligne udvalgte livsliggende funktioner. Vores kunstige celler er enkle og stabile, og vi kan programmere deres opførsel. Det åbner nye muligheder – både for grundvidenskabelig indsigt og fremtidige teknologier.«